

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-341240

(43)Date of publication of application : 08.12.2000

(51)Int.Cl.

H04J 11/00

H04L 7/00

(21)Application number : 11-148136

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 27.05.1999

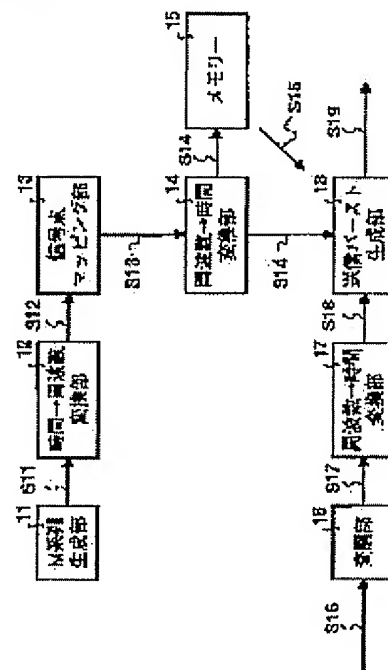
(72)Inventor : TAIRA AKINORI

## (54) TRANSMITTER AND RECEIVER FOR OFDM COMMUNICATION SYSTEM

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simplify a transmitter and a receiver and to realize an excellent synchronization characteristic and an excellent transmission line estimate characteristic even under a communication environment with a large noise power.

SOLUTION: This transmitter is provided with an M sequence generating section 11 that generates an M sequence S11 excellent in an autocorrelation characteristic by a correlation calculation of the same signal on a time base, a time → frequency conversion section 12 that converts the M sequence S11 into a frequency sequence S12, a signal point mapping section 13 that selects a signal point closest to the frequency sequence S12 among signal points that can be taken by a prescribed modulation system within available frequencies and generates a signal sequence S13 mapping the frequency sequence S12 onto the selected signal point, and a frequency → time conversion section 14 that uses the signal sequence S13 to generate a synchronization signal sequence S14 on the time base.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-341240

(P2000-341240A)

(43) 公開日 平成12年12月8日 (2000. 12. 8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 J 11/00		H 0 4 J 11/00	Z 5 K 0 2 2
H 0 4 L 7/00		H 0 4 L 7/00	F 5 K 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-148136  
 (22) 出願日 平成11年5月27日 (1999. 5. 27)

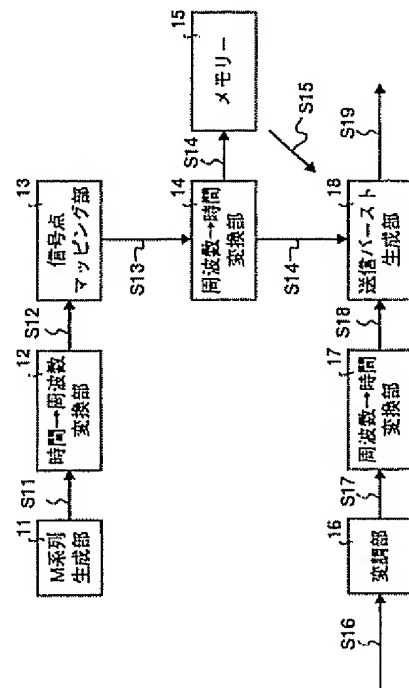
(71) 出願人 000006013  
 三菱電機株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 (72) 発明者 平 明徳  
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
 菱電機株式会社内  
 (74) 代理人 100089118  
 弁理士 酒井 宏明  
 Fターム(参考) 5K022 DD00 DD13 DD17 DD19 DD22  
 DD23 DD33 DD42  
 5K047 AA13 AA15 BB01 CC01 HH01  
 HH44

(54) 【発明の名称】 OFDM通信システム用送信装置および受信装置

(57) 【要約】

【課題】 装置の簡単化を実現し、さらに、ノイズ電力の大きな通信環境下においても、良好な同期特性および伝送路推定特性を実現可能なOFDM通信システム用送信装置および受信装置を得ること。

【解決手段】 時間軸における同一信号の相関計算で自己相関特性に優れたM系列S11を生成するM系列生成部11と、M系列S11を周波数系列S12に変換する時間→周波数変換部12と、使用可能な周波数内における所定の変調方式の取り得る信号点のうち周波数系列S12に最も近い信号点を選び、その信号点に周波数系列S12をマッピングした信号系列S13を生成する信号点マッピング部13と、信号系列S13を用いて時間軸上の同期用信号系列S14を生成する周波数→時間変換部14と、を備える構成とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 OFDM 伝送におけるタイミング同期を行うため、連続する特定の繰り返しパターンである同期用信号系列を用いて送信信号を生成する OFDM 通信システム用送信装置において、時間軸における同一信号の相関計算でシフトのない場合に大きな自己相関値を持ち、さらにシフトがある場合に自己相関値が非常に小さくなるような、自己相関特性に優れた信号系列を生成する信号系列生成手段と、前記時間軸上の信号系列を周波数系列に変換する時間／周波数変換手段と、使用可能な周波数内における所定の変調方式の取り得る信号点のうち、前記周波数系列に最も近い信号点を選び、その信号点に前記周波数系列をマッピングしたマッピング信号系列を生成するマッピング信号系列生成手段と、前記周波数軸上のマッピング信号系列を用いて、時間軸上の同期用信号系列を生成する同期用信号系列生成手段と、を備えることを特徴とする OFDM 通信システム用送信装置。

【請求項 2】 前記信号系列生成手段は、同一長の直交する時間軸の実数軸および虚数軸を生成し、実数軸および虚数軸に前記信号系列を配置することを特徴とする請求項 1 に記載の OFDM 通信システム用送信装置。

【請求項 3】 さらに、前記マッピング信号系列における正の周波数領域の複素共役を、負の周波数領域の信号系列に変換するマッピング信号系列変換手段を備え、前記同期用信号系列生成手段は、前記変換後の信号系列から実数軸のみの同期用信号系列を生成することを特徴とする請求項 2 に記載の OFDM 通信システム用送信装置。

【請求項 4】 さらに、前記同期用信号系列生成手段は、前記同期用信号系列を伝送路推定用の信号系列として生成することを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一つに記載の OFDM 通信システム用送信装置。

【請求項 5】 受信信号に含まれる連続する特定の繰り返しパターンを用いて、OFDM 伝送におけるタイミング同期を行う OFDM 通信システム用受信装置において、時間軸における同一信号の相関計算でシフトのない場合に大きな自己相関値を持ち、さらにシフトがある場合に自己相関値が非常に小さくなるような、自己相関特性に優れた信号系列を生成する信号系列生成手段と、前記時間軸上の信号系列を周波数系列に変換する時間／周波数変換手段と、使用可能な周波数内における所定の変調方式の取り得る信号点のうち、前記周波数系列に最も近い信号点を選び、その信号点に前記周波数系列をマッピングしたマッピング信号系列を生成するマッピング信号系列生成手段

と、前記マッピング信号系列における正の周波数領域の複素共役を、負の周波数領域の信号系列に変換するマッピング信号系列変換手段と、

前記変換後の信号系列を用いて、時間軸上の同期用信号系列を生成する同期用信号系列生成手段と、

前記同期用信号系列の硬判定情報を生成し、それを記憶しておく硬判定情報生成手段と、

を備え、

10 前記記憶しておいた硬判定情報を用いて、前記受信信号との相関をとることにより、前記 OFDM 伝送におけるタイミング同期を行うことを特徴とする OFDM 通信システム用受信装置。

【請求項 6】 さらに、前記硬判定情報生成手段は、前記同期用信号系列の硬判定情報を、伝送路推定用の硬判定情報として記憶しておき、前記記憶しておいた硬判定情報を用いて、前記 OFDM 伝送における伝送路推定処理を行うことを特徴とする請求項 5 に記載の OFDM 通信システム用受信装置。

20 【請求項 7】 前記信号系列生成手段は、同一長の直交する時間軸の実数軸および虚数軸を生成し、実数軸および虚数軸に前記信号系列を配置することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の OFDM 通信システム用受信装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、移動体通信に用いられる OFDM 通信システム用送信装置および受信装置に関するものであり、特に、マルチパス環境下における同期特性、伝送路推定特性の向上を実現可能な送信装置および受信装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】以下、従来の OFDM 広帯域無線伝送装置について説明する。例えば、広帯域移動体通信では、距離偏差やマルチパスの影響により受信信号の到来タイミングは動的に変化する。特に、OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) に代表されるマルチキャリア通信は、受信タイミングの誤差に敏感なため、何らかの補償を行う必要がある。そこで、ここでは、40 上記何らかの補償を行う従来の OFDM 通信システム用受信装置の動作について説明する。

【0003】図 6 は、従来の OFDM 信号のバーストフォーマットを示すものである。まず、受信装置には、図 6 に示す受信信号 (OFDM 信号) が入力され、その後、相関値分布情報が計算される。なお、受信信号のパターン A は、既知パターンであるから、予め時間波形 (図 6 の下部参照) を計算し用意しておくことは容易である。また、受信信号のパターン A は、送信側で OFDM 信号を周波数軸上の信号から時間軸上の信号へ変換することにより (IFFT 処理により) 生成される。図 6

においては、例えば、既知パターン部分を長さ $B \times 2$ のユニークワードとし、受信信号のパターンAと予め用意される信号パターン（パターンAの波形2つ分）との相関値を計算する。この場合、相関計算の開始位置を少しずつずらすことで、各位置での相関値分布情報が生成される。

【0004】そして、従来の受信装置では、その情報の中から相関値が最大となる位置を検索し、最大相関位置情報を生成する。この情報における最大位置は、物理的には最大電力を有する入力パスの位置と考えることができる。

【0005】ここで、従来の受信装置は、前述の最大相関位置情報と相関値分布情報に基づいて、マルチパス伝送における先行波を検出する処理を行う。まず、最大相関位置情報をもとに、相関値検出の基準となるしきい値を決定する。例えば、しきい値を、先に検出した最大相関値の $1/n$ に設定する（ $n$ は任意の適当な整数と仮定する）。そして、先に検出した最大相関値位置から前方に向けてしきい値以上の位置を検索し、その中で最も前方で検出された位置を同期位置と決定し、この情報を同期位置情報として出力する。

【0006】最後に、従来の受信装置は、この同期位置情報をもとに、受信信号（OFDM信号）内のデータ部分を決定し、そのデータ部分からなるデータ信号を出力する。なお、データ信号は、複数のサブキャリアに情報が分散されて多重化されているため、時間軸上の信号から周波数軸上の信号に変換され、各サブキャリア上の情報として、変調信号が取り出される。また、この処理には、通常、FFTが用いられる。そして、各サブキャリア上におけるデータに変換された変調信号は、検波され、さらに復調される。

【0007】このように、従来の受信装置においては、同期処理に上記方法を採用することにより、相関計算の位置が多少ずれた場合には完全に異なる波形と認識され、受信波が存在する位置に対してのみ、極めて鋭い相関値のピークを検出することができる。また、従来の受信装置では、OFDM信号を周波数軸上の信号から時間軸上の信号へ変換することによりパターンAが作られているため、また、受信信号内にはこれ以外の繰り返しパターンを含むことがないと考えられるため、鋭い相関ピークが確実に得られる。

【0008】また、従来の受信装置におけるしきい値の設定方法にもよるが、上記方法で求めた同期位置より、さらに前方に受信波が存在する可能性は小さい。これにより、OFDM通信において、ガードインターバル外の干渉波成分が小さくなり、受信性能の向上が期待できる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記、従来のOFDM通信システム用受信装置において、同期処理のための既

知パターン、すなわち、パターンAは、自己相関特性に優れたパターンが望まれる。なお、ここでいう「自己相関特性に優れた」とは、同一波形がシフト量0で相関計算した場合にのみ大きな自己相関値を持ち、1シンボル以上のシフトがある場合の自己相関値が非常に小さくなること、と定義する。

【0010】しかしながら、時間軸に任意の波形を配置できるシングルキャリアシステムでは、既知のM系列のような自己相関特性に優れたパターンの配置が可能であるが、マルチキャリア通信においては、OFDMのように周波数軸に任意情報を配置し、その後、時間軸に変換して送信波形を生成するため、「変換後の波形の自己相関特性がどうなるか」、を判断することが非常に困難となる、という問題があった。

【0011】また、1シンボルずつずらしながら相関値を計算する従来の受信装置では、通常の同期用パターンが複素数系列となっているため、非常に多くの複素乗算処理が要求され、受信機の単純化は困難となる、という問題があった。また、伝送路推定においても、同様の相関値計算が必要となり、同一の問題が発生する。

【0012】本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、自己相関特性に優れた同期パターンおよび伝送路推定用パターンを提供することにより、装置の単純化を実現し、さらに、ノイズ電力の大きな通信環境下においても、良好な同期特性および伝送路推定特性を実現可能なOFDM通信システム用送信装置および受信装置を得ることを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかるOFDM通信システム用送信装置にあっては、OFDM伝送におけるタイミング同期を行うため、連続する特定の繰り返しパターンである同期用信号系列を用いて送信信号を生成する構成とし、時間軸における同一信号の相関計算でシフトのない場合に大きな自己相関値を持ち、さらにシフトがある場合に自己相関値が非常に小さくなるような、自己相関特性に優れた信号系列を生成する信号系列生成手段（後述する実施の形態のM系列生成部11に相当）と、前記時間軸上の信号系列を周波数系列に変換する時間／周波数変換手段（時間→周波数変換部12に相当）と、使用可能な周波数内における所定の変調方式の取り得る信号点のうち、前記周波数系列に最も近い信号点を選び、その信号点に前記周波数系列をマッピングしたマッピング信号系列を生成するマッピング信号系列生成手段（信号点マッピング部13に相当）と、前記周波数軸上のマッピング信号系列を用いて、時間軸上の同期用信号系列を生成する同期用信号系列生成手段（周波数→時間変換部14に相当）と、を備えることを特徴とする。

【0014】この発明によれば、時間軸における自己相関特性に優れた信号系列を生成し、これを周波数軸の信

号系列に変換し、複素平面上で限られた信号点を用いて、生成された信号系列に最も近い同期用信号系列を生成する。これにより、時間軸における信号系列に最も近い自己相関特性を有する信号系列を生成することができ、同期特性を向上させることができる。

【0015】つぎの発明にかかるOFDM通信システム用送信装置において、前記信号系列生成手段は、同一長の直交する時間軸の実数軸および虚数軸を生成し、実数軸および虚数軸に前記信号系列を配置することを特徴とする。

【0016】この発明によれば、同一長の直交する時間軸の実数軸および虚数軸における自己相関特性に優れた信号系列を生成し、これを周波数軸の信号系列に変換し、複素平面上で限られた信号点を用いて、生成された信号系列に最も近い同期用信号系列を生成する。これにより、時間軸における信号系列に最も近い自己相関特性を有する信号系列を生成することができ、同期特性をさらに向上させることができる。

【0017】つぎの発明にかかるOFDM通信システム用送信装置にあつては、さらに、前記マッピング信号系列における正の周波数領域の複素共役を、負の周波数領域の信号系列に変換するマッピング信号系列変換手段（後述する実施の形態の対象性生成部20に相当）を備え、前記同期用信号系列生成手段は、前記変換後の信号系列から実数軸のみの同期用信号系列を生成することを特徴とする。

【0018】この発明によれば、計算される同期用信号系列は、実数軸のみからなる信号系列で表される。これにより、受信装置における相関計算の乗算回数を半減させることができ、大幅な装置の簡略化が期待できる。

【0019】つぎの発明にかかるOFDM通信システム用送信装置において、さらに、前記同期用信号系列生成手段は、前記同期用信号系列を伝送路推定用の信号系列として生成することを特徴とする。

【0020】この発明によれば、この同期用信号系列を、伝送路推定用の信号系列としても使用することができ、同期特性の向上に加えて、さらに伝送路推定特性も向上させることができる。また、伝送路推定処理を行う構成の簡略化も可能となる。

【0021】つぎの発明にかかるOFDM通信システム用受信装置にあつては、受信信号に含まれる連続する特定の繰り返しパターンを用いて、OFDM伝送におけるタイミング同期を行う構成とし、時間軸における同一信号の相関計算でシフトのない場合に大きな自己相関値を持ち、さらにシフトがある場合に自己相関値が非常に小さくなるような、自己相関特性に優れた信号系列を生成する信号系列生成手段（後述する実施の形態のM系列生成部11に相当）と、前記時間軸上の信号系列を周波数系列に変換する時間／周波数変換手段（時間→周波数変換部12に相当）と、使用可能な周波数内における所定

の変調方式の取り得る信号点のうち、前記周波数系列に最も近い信号点を選び、その信号点に前記周波数系列をマッピングしたマッピング信号系列を生成するマッピング信号系列生成手段（信号点マッピング部13に相当）と、前記マッピング信号系列における正の周波数領域の複素共役を、負の周波数領域の信号系列に変換するマッピング信号系列変換手段（対象性生成部20に相当）と、前記変換後の信号系列を用いて、時間軸上の同期用信号系列を生成する同期用信号系列生成手段（周波数→時間変換部14に相当）と、前記同期用信号系列の硬判定情報を生成し、それを記憶しておく硬判定情報生成手段（硬判定部21、メモリ一部22に相当）と、を備え、前記記憶しておいた硬判定情報を用いて、前記受信信号との相関をとることにより、前記OFDM伝送におけるタイミング同期を行うことを特徴とする。

【0022】この発明によれば、タイミング同期の相関計算に、実数軸のみからなる硬判定情報を用いることで、複素乗算処理を省略することが可能となり、これにより、大幅な装置の簡略化が期待できる。

【0023】つぎの発明にかかるOFDM通信システム用受信装置において、さらに、前記硬判定情報生成手段は、前記同期用信号系列の硬判定情報を、伝送路推定用の硬判定情報として記憶しておき、前記記憶しておいた硬判定情報を用いて、前記OFDM伝送における伝送路推定処理を行うことを特徴とする。

【0024】この発明によれば、硬判定情報が伝送路推定処理においても用いることが可能であり、この場合は、伝送路推定処理を行う構成の簡略化が可能となる。

【0025】つぎの発明にかかるOFDM通信システム用受信装置において、前記信号系列生成手段は、同一長の直交する時間軸の実数軸および虚数軸を生成し、実数軸および虚数軸に前記信号系列を配置することを特徴とする。

【0026】この発明によれば、同一長の直交する時間軸の実数軸および虚数軸における自己相関特性に優れた信号系列を生成し、これを周波数軸の信号系列に変換し、複素平面上で限られた信号点を用いて、生成された信号系列に最も近い同期用信号系列を生成する。これにより、時間軸における信号系列に最も近い自己相関特性を有する信号系列を生成することができ、同期特性および伝送路推定特性をさらに向上させることができる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下に、本発明にかかるOFDM通信システム用送信装置、および受信装置の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0028】OFDM（直交周波数分割多重）通信は、マルチキャリア伝送方式の一種で、各キャリアがシンボル区間内で相互に直交するように、各キャリアの周波数が設定されている。そして、情報伝送は、シンボル区間

で一定値をとる各キャリアの振幅および位相を変化させることで行われる。この伝送方式では、周波数フェージングに強いこと、誤り訂正符号化と併用することで周波数ダイバーシチ効果が得られることなどの利点がある。また、通常のマルチキャリア伝送と異なり、各サブチャネルの周波数間隔を密に設定可能であり、さらに、シンボル区間にガードインターバルを設定することで符号間干渉の影響を軽減することができる。

【0029】実施の形態1。図1は、本発明にかかるOFDM通信システム用送信装置の実施の形態1の構成を示す図である。図1において、11は定められた長さのM系列S11を生成するM系列生成部であり、12はM系列S11を周波数軸へ変換した周波数系列S12を生成する時間→周波数変換部であり、13は周波数軸上の周波数系列S12を規定の変調方式に許された信号点で模倣した信号S13を生成する信号点マッピング部であり、14は周波数軸上の信号S13を時間軸に変換し、同期用パターンS14を生成する周波数→時間変換部であり、15は同期用パターンS14を保存し、必要な場合に同パターンS15を提供するメモリ部であり、16は送信情報系列S16から変調信号系列S17を生成する変調部であり、17は周波数軸上の変調信号系列S17を時間軸に変換して、時間軸上の変調信号S18を生成する周波数→時間変換部であり、18は同期用パターンS14、S15や変調信号S18などから規定のフレームフォーマットに従って送信信号S19を生成する送信バースト生成部である。

【0030】以下、本発明にかかる上記送信装置の動作を図1に基づいて説明する。まず、送信装置では、時間軸で自己相関特性に優れた波形を作るため、M系列生成部11にて参照信号となるM系列S11を生成する。ここでは、M系列S11を図2に示すように、実軸に配置して時間系列とする。なお、このように、実軸に配置して時間系列とする以外に、例えば、図3に示すように、同一長の直交する系列を2つ生成し、それぞれ実軸および虚軸に配置して時間系列とすることとしてもよい。また、本実施の形態では、M系列を一例として説明しているが、自己相関特性に優れた波形であれば、特にM系列を使用する必要はない。

【0031】M系列S11を受け取った時間→周波数変換部12では、時間軸上の信号を周波数系列S12に変換する。すなわち、OFDM通信システムでは、周波数軸上において送信情報を指定する。なお、この周波数系列S12は、時間軸における自己相関特性の点では理想的なものであり、さらに、時間→周波数変換部12におけるFFTサイズに等しい長さを持つ。

【0032】このとき、通常規定されている変調方式では、複素平面上に取り得る信号点が有限であり、この信号点のみでは理想的な周波数系列S12を完全に模倣することはできない。さらに加えて、隣接チャネルとの関

係やエイリアシングを防ぐ点から、FFTサイズのすべてを使うことができない場合が多い。そこで、信号点マッピング部13では、使用できるキャリア内において、使用可能な信号点のうち周波数系列S12の情報に最も近い信号点を選び、それにより、周波数系列S12を模倣した信号S13を出力する。例えば、前述の図3は16QAM変調方式における上記選定操作を示したものであり、ここでは、①～③に示したような周波数系列S12の複素平面上の点を、最寄りの信号点に再配置している。

【0033】信号S13を受け取った周波数→時間変換部14では、周波数軸上の信号である信号S13を時間軸上の信号に再変換し、その変換後の信号を同期用パターンS14として出力する。なお、信号点マッピング部13における模倣が図3のとおり誤差を含むため、同期パターンS14と理想的なM系列S11とは通常一致しない。

【0034】一方、変調部16では、送信すべき情報、すなわち、送信情報系列S16に対して通常通り変調処理を行い、変調信号系列S17を出力する。その後、変調信号系列S17を受け取った周波数→時間変換部17では、周波数→時間変換処理を施し、その信号を変調信号S18として出力する。

【0035】その後、変調信号S18を受け取った送信バースト生成部18では、同期用パターンS14や変調信号S18を用いて、かつ定められたフレームフォーマットに従ってガードインターバルを付加し、送信信号S19を生成する。なお、同期用パターンS14は、バースト毎に同じパターンを使うことができるため、メモリ15に保存しておき、2回目以降は、保存された同期用パターンS15を利用することとしてもよい。また、送信信号S19は、特定のキャリアにのせられてアンテナから送信される。

【0036】このように、本実施の形態におけるOFDM通信システム用送信装置では、時間軸における自己相関特性に優れた系列を生成し、これを周波数軸に変換して参照信号とし、複素平面上で限られた信号点を用いて参照信号に最も近い信号（同期用パターン）を生成する。これにより、本実施の形態では、時間軸において参照信号に最も近い自己相関特性を有するOFDM信号を生成することができ、同期特性を向上させることができる。なお、ここでは時間信号である同期用パターンS14を同期用のパターンとして使用しているが、このパターンを、例えば、伝送路推定用パターンとしても使用した場合、本実施の形態におけるOFDM通信システム用送信装置は、前記同期特性の向上に加えて、さらに伝送路推定特性も向上させることができる。

【0037】実施の形態2。図4は、本発明にかかるOFDM通信システム用送信装置の実施の形態2の構成を示す図である。図4において、11は定められた長さの

M系列S11を生成するM系列生成部であり、12はM系列S11を周波数軸へ変換した周波数系列S12を生成する時間→周波数変換部であり、13は周波数軸上の周波数系列S12を規定の変調方式に許された信号点で模倣した信号S13を生成する信号点マッピング部であり、20は周波数軸上の信号系列S13から $F(-w) = \text{conj}(F(w))$ を満たす周波数軸上の信号系列S20を生成する対象性生成部であり、14は周波数軸上の信号系列S20を時間軸に変換し、同期用パターンS14を生成する周波数→時間変換部であり、15は同期用パターンS14を保存し、必要な場合に同パターンS15を提供するメモリー部であり、16は送信情報系列S16から変調信号系列S17を生成する変調部であり、17は周波数軸上の変調信号系列S17を時間軸に変換して、時間軸上の変調信号S18を生成する周波数→時間変換部であり、18は同期用パターンS14、S15や変調信号S18などから規定のフレームフォーマットに従って送信信号S19を生成する送信バースト生成部である。ただし、wは周波数を表し、conjは複素共役をとる。

【0038】以下、本発明にかかる上記送信装置の動作を図5に基づいて説明する。なお、ここでは、対象性生成部20以外の構成および動作は、先に説明した実施の形態1と同様であるため、同一の符号を付して説明を省略する。まず、上記送信装置において、対象性生成部20は、規定の変調方式に許された信号点で表現された信号系列S13を元に、上記 $F(-w) = \text{conj}(F(w))$ を満たす周波数軸上の信号系列S20を生成する。ここでの生成法としては、例えば、正の周波数領域の値の複素共役をとって負の領域に書き込む方法が考えられる。その後、この生成された信号系列S20は、周波数→時間変換部14により時間軸上の同期用パターンS14に変換される。

【0039】このように、本実施の形態におけるOFDM通信システム用送信装置にて計算される同期パターンS14は、実数軸のみからなる同期パターンS14となる。これにより、受信装置における相関計算の乗算回数を半減させることができ、大幅な装置の簡略化が期待できる。さらに、この同期パターンS14は、伝送路推定パターンとしても使用することができ、この場合は、上記と同様の理由から伝送路推定処理を行う構成の簡略化も可能となる。

【0040】実施の形態3。図5は、本発明にかかるOFDM通信システム用受信装置の実施の形態3の構成を示す図である。なお、先に説明した実施の形態1および2の送信装置と同一の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0041】図5において、20は周波数軸上の信号系列S13から $F(-w) = \text{conj}(F(w))$ を満たす周波数軸上の信号系列S20を生成する対象性生成部

である。ただし、wは周波数を表し、conjは複素共役をとる。この表現は連続関数であるが、離散系列に関しても意味は同様である。また、21は実数軸のみの同期用パターンS14を硬判定し、同期パターンS14の硬判定情報S21を出力する硬判定部であり、22は同期パターンS14の硬判定情報S21を保持するメモリーであり、必要な場合に保存された硬判定情報S22を後述の相関値計算部に供給する。

【0042】一方、図5において、34は受信信号（OFDM信号）S31と予め計算され用意された硬判定情報S22との相関を計算し、相関値分布情報S35を出力する相関値計算部であり、35は相関値分布情報S35の中から最大となる相関値を探索し、最大相関位置情報S36を生成する最大相関値探索部であり、36は相関値分布情報S35および最大相関位置情報S36からマルチパス伝送における複数の受信波を探索し、最初に到来する信号の同期位置情報S37を生成する先行波探索部であり、31は同期位置情報S37に基づいて、受信信号S31中におけるデータ部の位置を確定し、そのデータ部分であるデータ信号S32を出力するタイミング調整部であり、32はデータ信号S32を時間軸から周波数軸に変換し（通常のFFT処理）、各サブキャリア上の変調信号S33を再生する時間→周波数変換部であり、33は各サブキャリア上の変調信号S33を検波し、受信情報S34を復調する検波部である。

【0043】以下、本発明にかかる上記受信装置の動作を図5に基づいて説明する。なお、M系列生成部11、時間→周波数変換部12、信号点マッピング部13、周波数→時間変換部14の動作は実施の形態1と同様であるため、説明を省略する。まず、受信装置において、対象性生成部20は、規定の変調方式に許された信号点で表現された信号系列S13を元に、上記 $F(-w) = \text{conj}(F(w))$ を満たす周波数軸上の信号系列S20を生成する。ここでの生成法としては、例えば、正の周波数領域の値の複素共役をとって負の領域に書き込む方法が考えられる。その後、この生成された信号系列S20は、周波数→時間変換部14により時間軸上の同期用パターンS14に変換される。

【0044】実数軸のみの時間信号である同期用パターンS14を受け取った硬判定部21では、そのパターンを硬判定情報S21に変換し、それをメモリー22に記憶する。この硬判定情報S21は、例えば、同期用パターンS14における実軸の値が正の場合を「1」とし、負の場合を「-1」とする。

【0045】また、受信装置では、入力された受信信号S31をもとに同期処理を行う。ここでは、例えば、先に説明した図6に示す受信信号（OFDM信号）が入力される。まず、相関値計算部34では、あらかじめ受信信号S31内に挿入された同期パターン、すなわち、「パターンA」を見つけるため、メモリー22から先に



記憶しておいた硬判定情報 S 2 1 を硬判定情報 S 2 2 として読み出し、その読み出した情報と受信信号 S 3 1 との相関計算を行う。なお、受信信号のパターン A は、送信側で OFDM 信号を周波数軸上の信号から時間軸上の信号へ変換することにより (IFFT 処理により) 生成される。この場合は、従来技術同様、相関計算の開始位置を少しずつずらすことで各位置での相関値分布情報 S 3 5 が生成される。この際、硬判定情報 S 2 2 は、実軸のみの硬判定データであることから、通常の相関計算に必要な複素乗算処理が必要なくなり、ここでは、加算処理のみで相関値分布情報 S 3 5 を生成する処理が実現できる。

【0046】そして、相関値分布情報 S 3 5 を受け取った最大相関値探索部 3 5 では、その情報の中から相関値が最大となる位置を検索し、最大相関位置情報 S 3 6 を生成する。この情報における最大位置は、物理的には最大電力を有する入力パスの位置と考えることができる。

【0047】ここで、相関値分布情報 S 3 5 および最大相関位置情報 S 3 6 を受け取った先行波探索部 3 6 では、これらのに基づいてマルチパス伝送における先行波を検出する処理を行う。まず、最大相関位置情報 S 3 6 をもとに、相関値検出の基準となるしきい値を決定する。例えば、しきい値を、先に検出した最大相関値の  $1/n$  に設定する ( $n$  は任意の適当な整数と仮定する)。そして、先に検出した最大相関値位置から前方に向けてしきい値以上の位置を検索し、その中で最も前方で検出された位置を同期位置と決定し、この情報を同期位置情報 S 3 7 として出力する。

【0048】最後に、同期位置情報 S 3 7 を受け取ったタイミング調整部 3 1 では、この情報をもとに受信信号 (OFDM 信号) 内のデータ部分を決定し、そのデータ部分からなるデータ信号 S 3 2 を出力する。なお、データ信号 S 3 2 は、複数のサブキャリアに情報が分散されて多重化されているため、時間→周波数変換部 3 2 にて時間軸上の信号から周波数軸上の信号に変換され、各サブキャリア上の情報として、変調信号 S 3 3 が取り出される。また、この処理には、通常、FFT が用いられる。そして、各サブキャリア上におけるデータに変換された変調信号 S 3 3 は検波され、受信信号 S 3 4 として出力される。

【0049】このように、本実施の形態における OFDM 通信システム用受信装置では、同期パターンとの相関計算に、実数軸のみからなる硬判定データを用いることで、複素乗算処理を省略することが可能となり、これにより、大幅な装置の簡略化が期待できる。さらに、本実施の形態で示した相関値分布情報 S 3 6 は、伝送路推定処理においても用いることが可能であり、この場合は、上記と同様の理由から伝送路推定処理を行う構成の簡略化も可能となる。

【0050】

【発明の効果】以上、説明したとおり、本発明によれば、時間軸における自己相関特性に優れた信号系列を生成し、これを周波数軸の信号系列に変換し、複素平面上で限られた信号点を用いて、生成された信号系列に最も近い同期用信号系列を生成する。これにより、時間軸における信号系列に最も近い自己相関特性を有する信号系列を生成することができ、同期特性を向上させることができる、という効果を奏する。

【0051】つぎの発明によれば、同一長の直交する時間軸の実数軸および虚数軸における自己相関特性に優れた信号系列を生成し、これを周波数軸の信号系列に変換し、複素平面上で限られた信号点を用いて、生成された信号系列に最も近い同期用信号系列を生成する。これにより、時間軸における信号系列に最も近い自己相関特性を有する信号系列を生成することができ、同期特性をさらに向上させることができる、という効果を奏する。

【0052】つぎの発明によれば、計算される同期用信号系列は、実数軸のみからなる信号系列で表される。これにより、受信装置における相関計算の乗算回数を半減させることができ、大幅な装置の簡略化を実現できる、という効果を奏する。

【0053】つぎの発明によれば、この同期用信号系列を、伝送路推定用の信号系列としても使用することができ、同期特性の向上に加えて、さらに伝送路推定特性も向上させることができる、という効果を奏する。また、伝送路推定処理を行う構成の簡略化も実現できる、という効果を奏する。

【0054】つぎの発明によれば、タイミング同期の相関計算に、実数軸のみからなる硬判定情報を用いることで、複素乗算処理を省略することが可能となり、これにより、大幅な装置の簡略化を実現できる、という効果を奏する。

【0055】つぎの発明によれば、硬判定情報が伝送路推定処理においても用いることが可能であり、この場合は、伝送路推定処理を行う構成の簡略化を実現できる、という効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明にかかる OFDM 通信システム用送信装置の実施の形態 1 の構成を示す図である。

【図 2】 実軸に配置して時間系列とする M 系列を示す図である。

【図 3】 実軸および虚軸に配置して時間系列とする信号を示す図である。

【図 4】 本発明にかかる OFDM 通信システム用送信装置の実施の形態 2 の構成を示す図である。

【図 5】 本発明にかかる OFDM 通信システム用受信装置の実施の形態 3 の構成を示す図である。

【図 6】 従来の OFDM 信号のバーストフォーマットを示す図である。

【符号の説明】



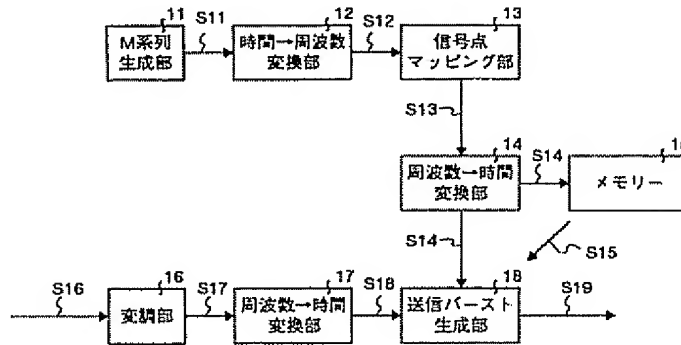
13

14

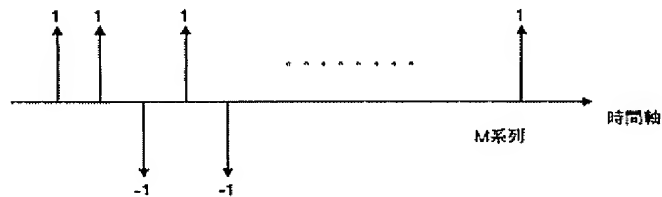
11 M系列生成部、12、32 時間→周波数変換部、13 信号点マッピング部、14、17 周波数→時間変換部、15、22 メモリー、16 変調部、18 送信バースト生成部、20 対象性生成部、21

硬判定部、31 タイミング調整部、33 検波部、34 相関値計算部、35 最大相関値探索部、36 先行波探索部。

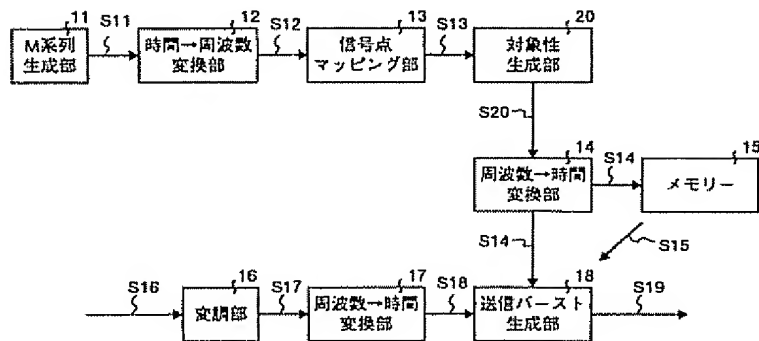
【図 1】



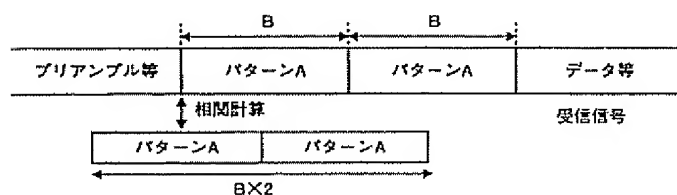
【図 2】



【図 4】



【図 6】



【図 5】

